

オーストリアの図法幾何学教育と教育研究会活動

堤 江美子*

要 約

海外研修の機会を得て客員として滞在したウィーン工科大学で、図法幾何学（図学）教育に関して調査を行った。特にオーストリアの図学教育に関して、教育システムとの関係、および空間認識の育成に力点をおく研究会活動について調査した。その結果、中等教育時からカリキュラムに図法幾何学の授業が独立して設けられているオーストリアでは、教育研究会が国に働きかけて図法幾何学の意義を主張し続けると同時に、教員の職能向上、あるいは教材の提供などに非常に力を入れていること、また、中等教育教員と高等教育教員が教材の開発などを通して密接な関係にあることなど、活動の活発さが情報交換雑誌から読み取れた。さらに、大学入学以前の中等教育の段階から図学の基礎教育を行うことが、特に空間認識力の育成、あるいは工学・医学系に進む以外の生徒にとっての一般教育的意義の点から重要であるとの確信を持つことができた。

1. はじめに

2002年9月9日より2003年8月30日まで、海外研修の機会を得てオーストリア共和国ウィーン工科大学図学教室の Hellmuth Stachel 教授、並びにドイツ連邦共和国ドレスデン工科大学図学教室の Gunter Weiss 教授の研究室に客員として滞在中、空間認識力に関する調査・研究および図法幾何学を中心とするオーストリアの教育システムに関する調査を行った。今日まで、オーストリアの図学はホーエンベルグの著作などを通じて日本にもなじみが深い。オーストリアでは図学教育が中学校から始まること、大学には図法幾何学（図学）の教職課程があることなどヨーロッパの中で

も特異な状況を呈している。そこで、オーストリアの図学教育に関して、教育システムとの関係、および空間認識の育成に力点をおいている研究会活動について調査した結果を報告する。

2.1 教育システム

2.1.1 大学入学以前¹⁾

オーストリアでは図1に示すように国が教育課程の基準を定める義務教育課程は6歳から15歳までの9年間である。初等教育ははじめの4年間の小学校（Volksschule）で行われる。その後の中等教育は、一般中等学校（AHS Unterstufe: Allgemeinbildende Höhere Schule Unterstufe）と中学校（Hauptschule）の2種類に分かれる。

*大妻女子大学 社会情報学部

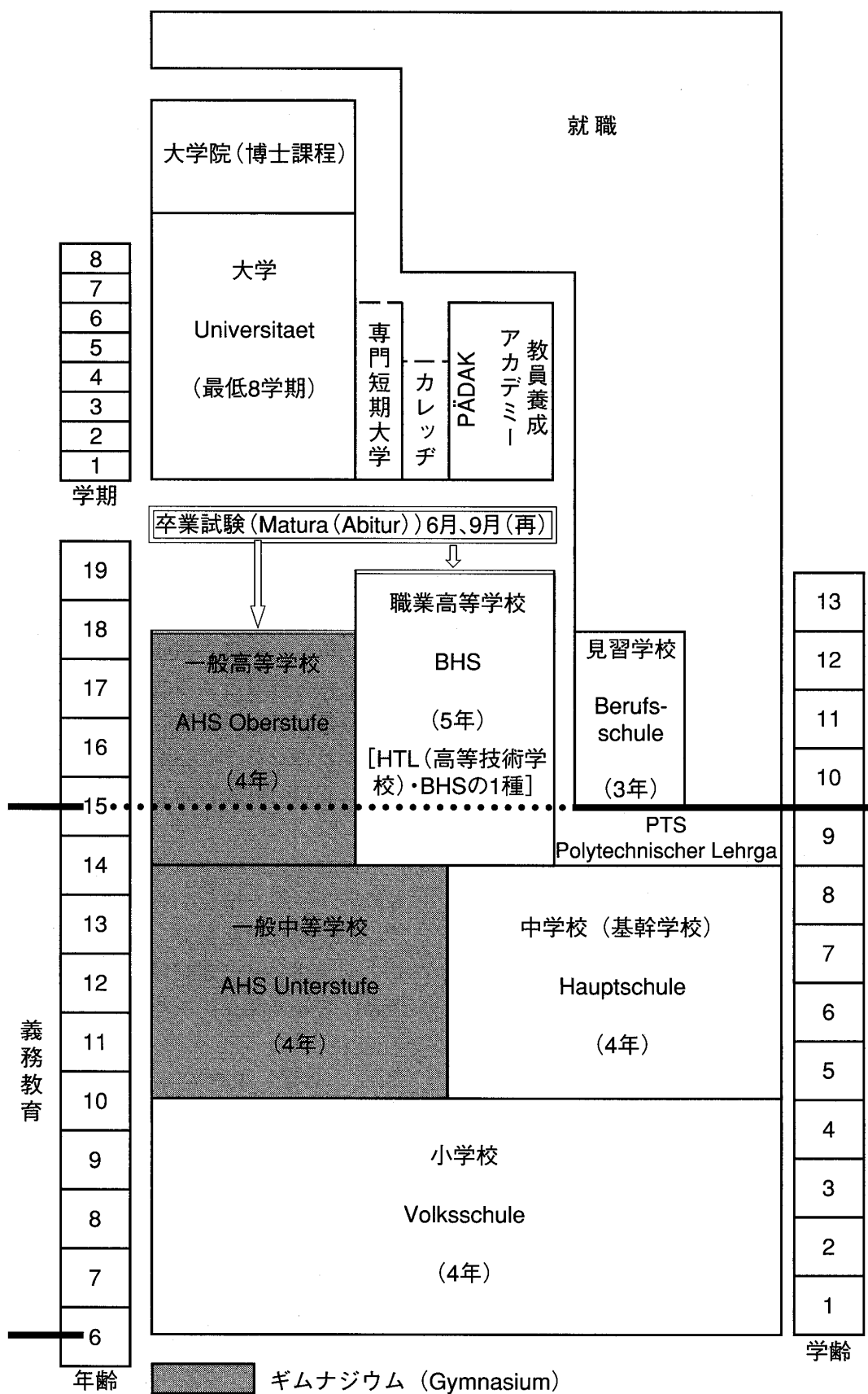


図1 オーストリアの教育システム

それぞれ4年間であるが、どちらに進学するかは成績と適性によって決められる。主として高等教育機関に進むものが一般中等学校へ、義務教育後すぐに就職するか職業学校へ進むものが中学校へと進む。

14歳からは、大きく分けて、4年制の一般高等学校（AHS Oberstufe: Allgemeinbildende Höhere Schule Oberstufe）、5年制の職業教育高等学校（BHS: Berufsbildende Höhere Schulen）、高等技術学校（HTL: Höhere Technische Lehranstalt；これは職業教育高等学校の1種で高等工業専門学校）、1年制の職業教育学校（PTS: Polytechnischer Lehrgang）の3種類があり、最初の1年目で義務教育は終了する。これらの中で、一般高等学校はシステムとしては一般中等学校から継続した8年間の教育（AHS: Allgemeinbildende Höhere Schule）となっており、それぞれ下級、上級と呼称されている。

一般高等学校、職業教育高等学校および高等技術学校の最終学年には卒業検定試験があり、これに受かった者には大学入学資格（Mature）が与えられる。卒業検定試験では以下の3つの方法から1つを選ぶことができる。

- (1) 論文（1教科又は2教科に関連するもので20～25枚）、3教科（ドイツ語、外国語、数学）の筆記試験、3教科の口述試験（うち1教科は論文と関連して）
- (2) 3教科（ドイツ語、外国語、数学）の筆記試験、4つの口述試験
- (3) 4教科（ドイツ語、外国語、数学、その他の教科（学校形態により異なる））の筆記試験、3つの口述試験

2.1.2 高等教育

オーストリアには国立の総合大学・工科大学・単科大学合わせて13の大学（2004年）と国立の芸術大学6校があり、他に、私立の単科大学などがある。通常、大学入学資格を持つものは希望する大学へ進学できるが、一部、芸術系大学のように芸術的才能に関する入学選抜が行われる大学もある。進学率は10%程度である（全人口は約800万

人）。大学の修業年限は4年から5年半で専攻によって異なる。

総合大学の課程はディプローム課程と呼ばれ、必修科目及び選択科目、自由科目を履修して試験に合格するとマギスター、またはディプローム学位が授与される。専攻によっては、このディプローム課程が段階的に2つの課程に分かれている。まず、日本の学士課程に相当するバカロレア課程で3～4年間学び、バカロレア学位を取得する。その後、修士課程で1～2年学んだ後、試験に合格すれば、マギスターやディプロームを取得できる。博士課程ではディプロームかマギスター取得後、少なくとも2年の研究と審査を経てドクター学位を取得することができる。

図1から分かるように、職業高等学校では19歳まで修業年限が続くため、大学に入学する学生の年齢は18歳とは限らない。また、18歳になった男子は最低9ヶ月の兵役があるため、女子より1年遅れて入学することも多く、さらに一度社会で働いてから大学に入学する場合もかなり多いので、入学してくる学生の年齢はさまざまである。

授業料はこれまで徴収していなかったが、ここ数年、事情は変わりつつあるようである（昨年度からウーン工科大学では1学期あたり363.36ユーロを徴収している。これは9学期（4.5年間）で約45万円に相当する）。

2.2 図法幾何学教育

2.2.1 中等教育における図学教育

上記教育システムの中で図学教育は中等教育から始まる。内容は大別して「幾何作図」（GZ: Geometrisches Zeichnen；註：英名ではElementary geometry）と「図法幾何学」（DG: Darstellende Geometrie）に分かれる。ただし、中等教育校の中でも専攻が分かれていること、あるいは教育システムの項で述べたように、一口に中等教育といってもさまざまな学校があることから、全ての生徒がこれらの授業を受けているわけではない。詳細は不明であるがおおよそ50%が受講しているようである。

「幾何作図」は一般中等学校及び中学校で高学

年（13～14歳）になって学習する。内容は Geometrical Drawing 及び Computer Drawing である。一方、「図法幾何学」は一般高等学校、職業教育高等学校の高学年（前者では17～18歳、後者では15～16歳）で学ぶ。内容はより理論的で授業中に手描きで図を描くことは通常ない。ここでは、後に述べる教育研究会が練り上げた、「幾何作図」²⁾、および「図法幾何学」³⁾のカリキュラム例をそれぞれ挙げておく。実際のカリキュラムでは、学校によってそれぞれ内容が少しずつ異なっている。しかし、教科カリキュラムの趣旨はかわらない。

まず、「幾何学的作図」は一般中等学校及び中学校の3年次、4年次に各週1時間行われ、全体

の3分の2が必修範囲、3分の1が応用のために割り当てられる。授業においてCADシステムは作図の補助として扱う。表1はGZÖ（幾何作図教育研究会）による「幾何作図」のカリキュラム例である。

次に、「図法幾何学」は、例えば一般高等学校では3年次及び4年次に必修科目として週2時間行われる。必修科目を通して、空間幾何学の基本概念と写像としての投象に習熟し、平行投影の性質を学び、三次元立体をデカルト座標系を用いて把握できることを目的としている。

表2は必修科目「図法幾何学」の学習目標、表3は同科目のカリキュラム案である。学習目標では専門的な知識・技術の取得のみならず、一般教

表1 GZÖ による「幾何作図」のカリキュラム例

立体の軸測投象的表現
軸測投象的表現
正面軸測投象（斜投象）
水平投象
面の可視・不可視（隠線、隠面消去）
デカルト座標系
モデリングプロセス・分解立体図
展開
平面による切断
複面投影
平面・正面・側面図の作図と読み取り
副面図：表現方法と作図補助としての副面図
縮尺記入
工業製図（製造のための作図）
幾何学的基本作図
実長、実形
曲面
スケッチによる表現
特別な曲面：円柱、円錐
展開
モデリングプロセス
円錐曲線
橢円
放物線、双曲線

育としての意義が込められているのが分かる。

でを対象にしている。

表4は選択必修科目としての「図法幾何学」
(必修科目「図法幾何学」の拡張)のカリキュラ
ム案である。パソコン等を利用した高度な作図ま

2.2.2 高等教育^{4), 5), 6)}における図学教育

大学における図学教育に関しては、ウィーン工

表2 必修科目「図法幾何学」の学習目標

専門に関する目標
幾何学的形状，構造の把握，解析及び言語による記述
空間的問題を作図によって解く
幾何学的概念の正確な理解
三次元立体のフリーハンド・スケッチ
立体の測定と設計図の作成
適切な投影法による三次元立体の作図的表現
立体の作図的表現を読む
作図技術の熟達
学際的な目標
空間認識（三次元空間でを考える）
コミュニケーション手段としての作図の利用
丁寧で正確な作業，論理的思考，正確な言語による表現
数学，情報処理，自然科学，工学及び造形芸術への横のつながりの認識
図的表現力の学習

表3 必修科目「図法幾何学」のカリキュラム案

3年生
軸測投象図と座標平面における正投象
三面図における立体の幾何学的課題の解法
角柱及び円柱面の切断
円と球面の正投象
4年生
楕円，円柱面および円錐面の平行投影
正軸測投象
角錐及び円錐面の平面切断
中心投象
復習と展望

表4 選択必修科目「図法幾何学」のカリキュラム案

7年生または8年生
パソコンを用いた軸測投象図及び平行投象図の基礎となる投影方式
角柱及び角錐の展開図作図
平行陰影の探索
角柱あるいは角錐の相貫図作図

科大学を例にとって説明をする。

(1) 学部・学科の構成

ウイーン工科大学は「科学と情報 (Science and Informatics)」, 「建築と空間計画 (Architecture and Planning)」, 「土木工学 (Civil Engineering)」, 「機械工学 (Mechanical Engineering)」, 「電気工学と情報技術 (Electrical Engineering and Information Technology)」の5学部で構成されている。この中で, 「科学と情報」は, Technical Mathematics, Earth Sciences, Technical Physics, Technical Chemistry, Computer Sciences の5つの学科群から成る。

(2) 幾何学教室 (Institute for Geometry)

「科学と情報」学部の Technical Mathematics 学科に属する8つの Institute のうちの一つ, Institute for Geometry (幾何学教室) が図学教育に携わっている。同 Institute は他学部の図学教育を担当するとともに, 図学教員養成のためのコースを持っている (表5)。

(3) 図学補習コース

学生は各専攻における図学授業を受講するが, 前述したように中等教育で「幾何作図」及び「図法幾何学」の授業があり, およそ半数の学生は既習のため, 大学での図法幾何学はまったくの入門から始めるわけではない。そこで, 中等教育において図学を習ってこなかった学生のために, 表6に示すような図学の補習コースがある。

この補習コースでは中等教育の教科書などを使って講義をすすめる。なお, 学期の初めには多数の学生が受講するが, 学期の終わりにはかなり受講者数が減少するようである。

(4) 教職課程「幾何学」

Institute for Geometry では, 大学内の各学部において (コンピュータ利用を含めた) 図法幾何学の授業を受け持つと共に, 図法幾何学教員のための教職課程を受け持っている。表7は教職課程の学生のための講義一覧である。また, Institute が対象にしている研究領域の中にも幾何学の教職研究がある。その内容は以下の通りである。

表5 幾何学教室が担当する図学及び図学関連教育

学部	図学関連授業
科学と情報	図学教員養成のための各種図学講義, 演習, セミナー (後述)
建築と空間計画	「建築と図の基礎コース-DG」講義及び演習2.5時間, 1年通年 「Erschliesung neuer Geometrien fur Architekten」 「CAAD und Geometrie」など (「図学補習コース」が前提)
土木工学	「Geometry and CAD」講義1時間, 1年後期 「Geometry and CAD」実習2時間, 1年後期 (「建築用 CAD 入門」, 「図学補習コース」が前提)
機械工学	2年前より図法幾何学は開講せず。かつては「図法幾何学と機構学」という講義があった。
電気工学と情報技術	特になし
CG と画像処理	「情報科学のための幾何学」

表6 図法幾何学補習コース

図法幾何学補習コース	2時間×2日/週, 半期
------------	--------------

表7 図法幾何学教職課程の講義一覧

期	名 称	区分[時間数]
1 期	図法幾何学 0	実習 [1]
	図法幾何学1, 2	講義各 [1] 通年
	図法幾何学 1 a, 1b, 2a, 2b	実習各 [1] 又は [2]
	運動学	講義 [2], 実習 [1]
	射影幾何学1, 2, 3	講義各 [2], 実習各 [2]
	曲線・曲面の解析幾何学	講義 [2], 実習 [1]
	教職のための CAD	講・実 [2]
	教職訓練	[2]
	教職研究	[2]
	幾何作図 (GZ) 教職	講・実 [2]
	初歩的な幾何学	講・実 [2]
2 期	写像1, 2	講義各 [2], 実習各 [1]
	非ユークリッド幾何	講義 [3]
	微分幾何1, 2	講義 [2], [1], 実習各 [1]
	Konstruktive 微分幾何	講義 [2], 実習 [2]
	工学における幾何学	講義 [2], 実習 [1]
	Computer Aided Geomtric Design	講義 [2]
	セミナー	
	幾何学実習	
	AHS 教授法	セミナー
	BHS 教授法	セミナー
	図法幾何学授業におけるニューメディア	講義 [2]
	Algorithmische Geometrie *	講義 [2], 実習 [1]
	Computer Aided Geometric Design *	実習 [2]
	Hohere 運動学 *	—
	選択：線形幾何学 **	講義 [2], 実習 [1]
	選択：円と球の幾何学 **	講義 [2], 実習 [1]
	選択：非ユークリッド幾何学 **	実習 [1]
	選択：幾何学的トポロジー **	講義 [2]
	選択：離散幾何学 **	講義 [2]
	選択：空間認識テスト	講義 [2], 実習 [1]
	選択：インターネット上での幾何学的表現	講義 [2]
	他	

* 応用幾何学とコンピュータ指向幾何学

** 高等幾何学

1 期：入学後 4 学期 (2 年間)

2 期：その後 4 ~ 5 学期 (2 年間 ~ 2.5 年間)
(2002, 2003 年度)

- 中等教育におけるカリキュラムの開発
- 教授法の開発
- 教員のためのセミナーと研修
- visual thinking and spatial imagination を高めるための授業用教育ソフトウェアの統合
- 実地的なソフトウェアの開発

2.2.3 教員養成アカデミー

高等教育の範疇外で中等後教育とよばれるカテゴリーの中に、教員養成アカデミー (PÄDAK: Pädagogischen Akademie) というシステムがある。これは3年制で、大学の教職課程とは別に小学校教員、ハウプトシューレ教員、特殊学校教員などの養成を行っている。この教員養成アカデミーにおいても図法幾何学教員は養成されている。

2.3 図法幾何学教育と教育研究会活動

2.3.1 図法幾何学(教育)研究会

(1) 研究会の発足

前節で述べたように、大学の図法幾何学教育は大学入学以前の図法幾何学の授業と連関している。学生側からいえば、中等教育で図学の授業を受講した者は、その延長上に大学の図学講義がある。教育する側から言えば、中等教育を土台に大学としての図学教育を行うと同時に、これら中等教育で図学教育を行う教員を養成する立場にある。以前、オーストリア各地には図法幾何学の中等教育、高等教育に関する研究会が各州単位で個々に存在していたが、1981年10月に「図法幾何学(教育)研究会(ADG)」が設立された。これにより州を超えて一般高等学校や職業高等学校、教員養成アカデミー、大学などの専門家が平等なパートナーとして共同研究ができる土台ができあがった。

図法幾何学(教育)研究会では発足翌年から図法幾何学情報誌「IBDG: Informationsblatter Fur Darstellende Geometrie」の刊行を始めている。この情報誌の創刊号の序文で初代研究会会長 F. Primetzhofner は、教育研究会の発足のきっかけは“非常事態”であった、と述べている⁷⁾。なぜ

なら、図法幾何学という価値ある教科の教育内容を新しく時流に適った形に作り上げることが早急の問題であったにもかかわらず、共同研究を行う会の規模はあまりに小さく、効果的な相互作用を及ぼす可能性に欠けていたからである。

また、同序文の中で、図法幾何学は人間の本質的な素質である空間認識力を養い、理論的に幾何学的思考法と結びつき、抽象的な幾何学的産物から具体的問題や生活の中に現れる立体までも扱う、そして手の訓練と精神と肉体の統合として人間を理解する、として、図法幾何学を数学の一分野と限定せず、その一般教育的機能を確信している点が興味深い。

同教育研究会に1992年に「幾何学的作図」教員研究会(GZÖ)が加入し、一般教育としての図学に関して「作図に支えられた思考訓練」という概念がますます強固なものになった⁸⁾ことは興味深い。日本でも同様の趣旨により活動を行っている学会において、「手描き」の重要性が確認されつつある。

(2) 教育研究会の研究活動プログラム⁹⁾

発足当時の研究会の研究活動内容は大きくは3つ挙げられている。当初から内容はきめ細かく多岐にわたり、情熱的な意思にもとづいて作られた研究会であることがよく分かる。日本の同種の学会の活動内容と比較してみることも興味深いと思われるので、やや分量が多いがここに挙げておく。

1) 教員の職能向上教育及び専門関連領域の水平的拡張

- 空間的視覚及び正確な図的表現の生理学、心理学、現象学
- G. Monge までの技術と造形の中の図法幾何学の歴史
- 建築、建築工学、機械工学、測量、その他の技術原理における図法幾何学
- 技術系以外のアカデミックな職業における図法幾何学
- 高等教育を必要としない職業における図法幾何学

- コンピュータ・グラフィックス，構成コンピュータ幾何学
- 隣接領域としての工学製図
- 高等図法幾何学
- 純粋幾何学及び応用幾何学の境界領域の専門的テーマ

2) AHS, BHS, PÄDAK における図法幾何学及び AHS, PÄDAK における幾何作図教授法

- 新しい教授法に関する討論
- AHS における図法幾何学の一般教育的要素の拡大
- AHS, BHS, PÄDAK における図法幾何学の発展のための定期的討論
- 将来的な教科カリキュラムの提案
- 図法幾何学と他の科目との横のつながりの拡大
- 教科書への見解
- 認可された教科書の誤植集作成
- 教科書の問題を補う研究会独自の問題集の開発
- 年度毎の図法幾何学卒業試験問題の公表
- AV 教材の導入に関する意見交換
- 成績評価についての意見交換
- 幾何作図の教職における問題解決
- 種別の異なる学校への編入を考慮した AHS 教材「幾何作図」に関する討論
- 図学に関連した問題（図的表現，作図技術，作図用具）の解決
- 練習問題及び OHP スライドを主とした教材の開発・収集

3) AHS, BHS, PÄDAK 及び大学における共同研究

- 大学卒業者のフィードバック，在職教員の感想，教職課程教育に関する中等学校と大学間の定常的討論
- 学習要領，教育方法，及び課題に関する討論
- 工科大学が中等教育修了者に期待する図学の予備知識の範囲と程度に関する中等学校と大

学間の討論

4) その他

- 海外の専門家との意見交換
- 図法幾何学教員の問題に関する見解
- 専門的利益を代表する調整機能
- 専門的催し物に関する相互情報交換

(3) 研究会としての働きかけ

なお，近年，必修教科「幾何学作図」を時間的に半分に削減するとの提案が国側からなされた。しかし，教育研究会側では，図法幾何学は工学・医学の分野で必要とされる空間認識力育成に欠かせない内容を持つばかりでなく，発達心理学的にみても削減が予定されている年齢にこそ育成が必要な能力であること，ますます進んでいく視覚化の時代に不可欠なこと，および情報処理の授業以外で実際にコンピュータを利用する授業が情報処理の授業と融合してこれをサポートできること，などを主張し，幾何学的授業の削減に反対した¹⁰⁾。抗議においては教育関係の省庁の長に直接手紙を送ると同時にその内容を会員にメーリングリストを介して知らせるなど，研究会の迅速な活動ぶりも目についた。筆者の所属している分野でも同様の事態に関してよく議論されている。教育に関してあまり交流もなかった時代から，オーストリアと日本という地理的にも離れた2つの地域で，図学教育上の問題点あるいは事情が似通っていたことは興味深く，教育研究会としての対応には学ぶ点も多々ある。

(4) 空間認識力と教育研究会活動

例えば技術者では，言語として図面を読み取り，空間的あるいは論理的な方法を組み合わせて図面を考える。その技術者に対して図法幾何学は人間の本質的な素質である空間認識力をさらに向上させる。しかし，技術者のみならず生活のあらゆる場面において，さまざまな空間認識力が必要である。そこで当教育研究会では空間認識力の育成に特に力を入れており，さまざまな問題を提案して情報交換雑誌 (IBDG) に掲載し，中等教育

の授業の中で広く用いられるようにしている。更に教材集として出版し、まとめて手に入れられるように配慮している。また、学内で小数派となってしまった教員に交渉、例えば学校自治、教科書活動、教材配分、カリキュラム作成、教材予算などに関しての交渉に関して策を与え励ますことさえ行っている。

3. まとめ

オーストリアの図学教育に関して教育システムとの関係、および空間認識の育成に力点をおいている教育研究会活動について調査した。その結果、中等教育から図学教育が始まるオーストリアにおいて、研究会が、国に働きかけて図法幾何学の意義を主張し続けると同時に、教員の職能向上、あるいは教材の提供などに非常に力を入れている点、また、中等教育教員と高等教育教員が教材の開発などを通して密接な関係にある点など、研究会活動の活発さが情報交換雑誌から読み取れた。そして、大学入学以前の中等教育の段階から図学の基礎教育を行うことが、特に空間認識力の育成、あるいは工学・医学系に進む以外の生徒にとっての一般教育的意義の点から重要であるとの確信を持つことができた。

参考文献

- 1) 海外教育情報：文部省大臣官房調査統計企画課：<http://www.naec.go.jp/education/index.htm>
- 2) Vorschlag der GZÖ für den Lehrplan99. IBDG, 1 / 1998, p.9.
- 3) Lehrplanentwurf 1988 für den AHS-Gegenstand Darstellende Geometrie. IBDG, 2 / 1988, pp.41-45.
- 4) オーストリア図法幾何学研究会：<http://www.geometry.at/>
- 5) ウィーン工科大学：<http://www.tuwien.ac.at/>
- 6) ウィーン工科大学図学教室：<http://www.geometrie.tuwien.ac.at/>
- 7) F. Primetzhofer : Geleitwort (序文). IBDG, 1 / 1982, p.3.
- 8) F. Primetzhofer : Geleitwort (序文) . IBDG, 2 / 1992, p.3
- 9) Arbeitsprogramm des ADG (学会の研究プログラム). IBDG, 1 / 1982, pp.5-6.
- 10) Arbeitsgemeinschaft für Darstellende Geometrie und Geometrisches Zeichnen in Niederösterreich. IBDG, 1 / 1996, pp.9-10.

The Activity of the Scientific Society of Descriptive Geometry in Austria in Relation to the Education of Elementary Descriptive Geometry

EMIKO TSUTSUMI

School of Social Information Studies, Otsuma Women's University

Abstract

At the opportunity of visiting Vienna University of Technology for one year as a guest professor, we have investigated the present conditions of Descriptive Geometry education in Austria, especially from the following two points of view ; firstly, the relation between Descriptive Geometry education and the general educational system ; secondary, the activity of the scientific society for Descriptive Geometry (ADG). As a result, through the various reports on the journal of the society we could comprehend how vital the activity is for the members. In Austria two sorts of “elementary Descriptive Geometry” classes are provided in secondary education and the scientific society has been appealing and asserting the importance of Descriptive Geometry education in middle school and high school to the government. The society also has been attaching a great deal of importance to the improvement in function of the teachers, supplying various teaching materials. Furthermore, teachers in secondary education have a close connection with those in universities through the activity of the society. Lastly, we were able to confirm in our opinion that it was of importance from the viewpoints of the promotion of the spatial ability of ordinary students and the general education for the students who go on to courses other than engineering or medical course that elementary Descriptive Geometry classes were provided at the earlier stage of education.

Key Words (キーワード)

educational system (教育システム), Descriptive Geometry (図法幾何学), spatial ability (空間認識力), activity of scientific society (学会活動)